02｜串讲：编程开发中，那些你需要掌握的基本概念

2021-08-22 陈天

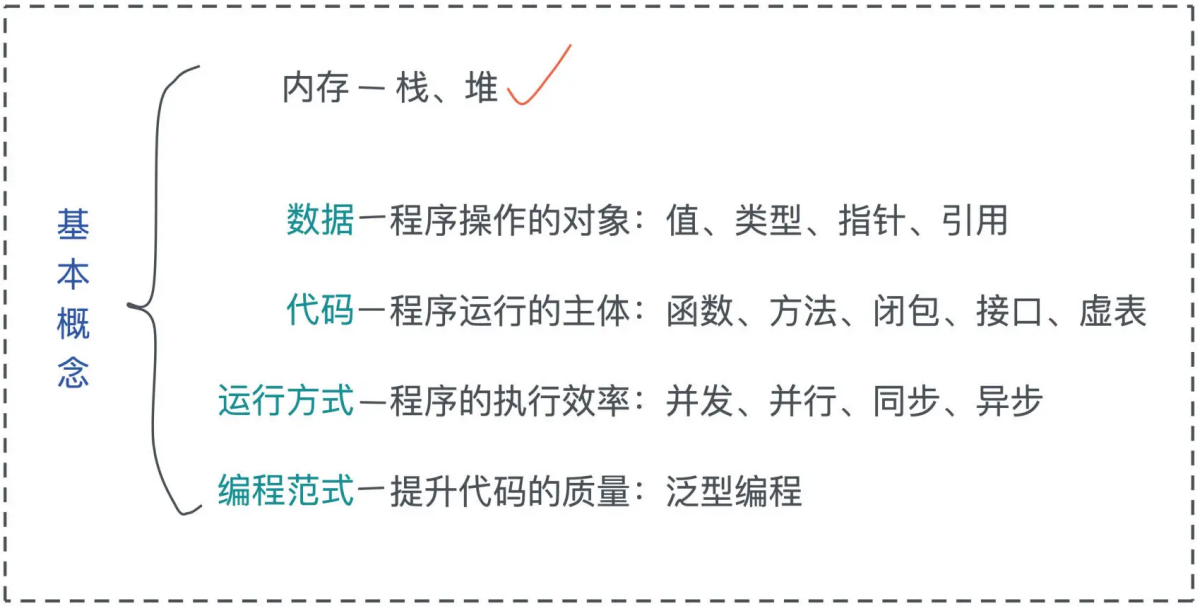
《陈天 · Rust 编程第一课》 课程介绍 >

讲述：陈天
时长 18:12 大小 16.68M

你好，我是陈天。

上一讲我们了解了内存的基本运作方式，简单回顾一下：栈上存放的数据是静态的，静态大小，静态生命周期；堆上存放的数据是动态的，动态大小，动态生命周期。

今天我们来继续梳理，编程开发中经常接触到的其它基本概念。需要掌握的小概念点比较多，为了方便你学习，我把它们分为四大类来讲解：**数据**（值和类型、指针和引用）、**代码**（函数、方法、闭包、接口和虚表）、**运行方式**（并发并行、同步异步和 Promise / async / await ），以及**编程范式**（泛型编程）。



希望通过重温这些概念，你能够夯实软件开发领域的基础知识，这对你后续理解 Rust 里面的很多难点至关重要，比如所有权、动态分派、并发处理等。

好了，废话不多说，我们马上开始。

数据

数据是程序操作的对象，不进行数据处理的程序是没有意义的，我们先来重温和数据有关的概念，包括值和类型、指针和引用。

值和类型

严谨地说，类型是对值的区分，它包含了值在内存中的**长度**、**对齐以及值可以进行的操作等信息**。一个值是符合一个特定类型的数据的某个实体。比如 64u8，它是 u8 类型，对应一个字节大小、取值范围在 0 ~ 255 的某个整数实体，这个实体是 64。

值以类型规定的表达方式（representation）被存储成一组字节流进行访问。比如 64，存储在内存中的表现形式是 0x40，或者 0b 0100 0000。

这里你要注意，**值是无法脱离具体的类型讨论的**。同样是内存中的一个字节 0x40，如果其类型是 ASCII char，那么其含义就不是 64，而是 @ 符号。

不管是强类型的语言还是弱类型的语言，语言内部都有其类型的具体表述。一般而言，编程语言的类型可以分为原生类型和组合类型两大类。

原生类型（primitive type）是编程语言提供的最基础的数据类型。比如字符、整数、浮点数、布尔值、数组（array）、元组（tuple）、指针、引用、函数、闭包等。**所有原生类型的大小都是固定的，因此它们可以被分配到栈上**。

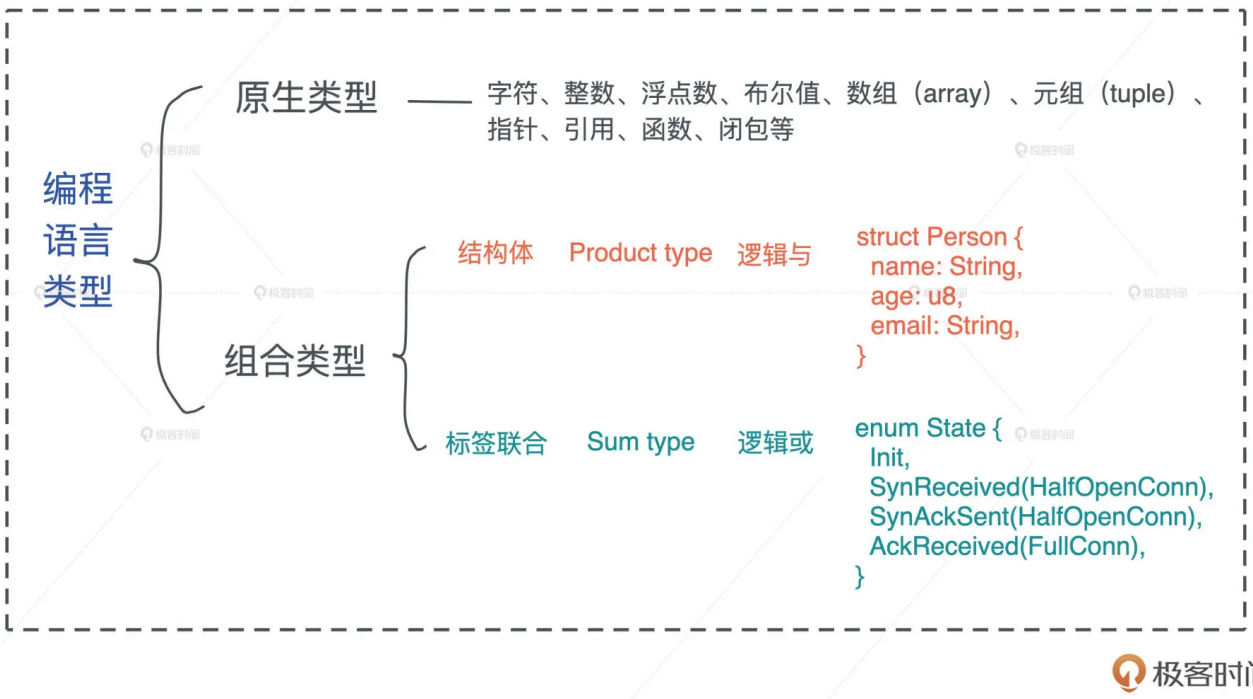
组合类型（composite type）或者说复合类型，是指由一组原生类型和其它类型组合而成的类型。组合类型也可以细分为两类：

结构体（structure type）：**多个类型组合在一起共同表达一个值的复杂数据结构**。比如 Person 结构体，内部包含 name、age、email 等信息。用代数数据类型（algebraic data type）的说法，结构体是 product type。

标签联合（tagged union）：也叫不相交并集（disjoint union），**可以存储一组不同但固定的类型中的某个类型的对象，具体是哪个类型由其标签决定**。比如 Haskell 里的 Maybe 类型，或者 Swift 中的 Optional 就是标签联合。用代数数据类型的说法，标签联合是 sum type。

另外不少语言不支持标签联合，只取其标签部分，提供了枚举类型（enumerate）。枚举是标签联合的子类型，但功能比较弱，无法表达复杂的结构。

看定义可能不是太好理解，你可以看这张图：



指针和引用

在内存中，一个值被存储到内存中的某个位置，这个位置对应一个内存地址。而指针是一个持有内存地址的值，可以通过解引用（deference）来访问它指向的内存地址，理论上可以解引用到任意数据类型。

引用（reference）和指针非常类似，不同的是，**引用的解引用访问是受限的，它只能解引用到它引用数据的类型，不能用作它用**。比如，指向 42u8 这个值的一个引用，它解引用的时候只能使用 u8 数据类型。

所以，指针的使用限制更少，但也会带来更多的危害。如果没有用正确的类型解引用一个指针，那么会引发各种各样的内存问题，造成系统崩溃或者潜在的安全漏洞。

刚刚讲过，**指针和引用是原生类型，它们可以分配在栈上**。

根据指向数据的不同，某些引用除了需要一个指针指向内存地址之外，还需要内存地址的长度和其它信息。

如上一讲提到的指向 “hello world” 字符串的指针，还包含字符串长度和字符串的容量，一共使用了 3 个 word，在 64 位 CPU 下占用 24 个字节，这样**比正常指针携带更多**

信息的指针，我们称之为胖指针（fat pointer）。很多数据结构的引用，内部都是由胖指针实现的。

代码

数据是程序操作的对象，而代码是程序运行的主体，也是我们开发者把物理世界中的需求转换成数字世界中逻辑的载体。我们会讨论函数和闭包、接口和虚表。

函数、方法和闭包

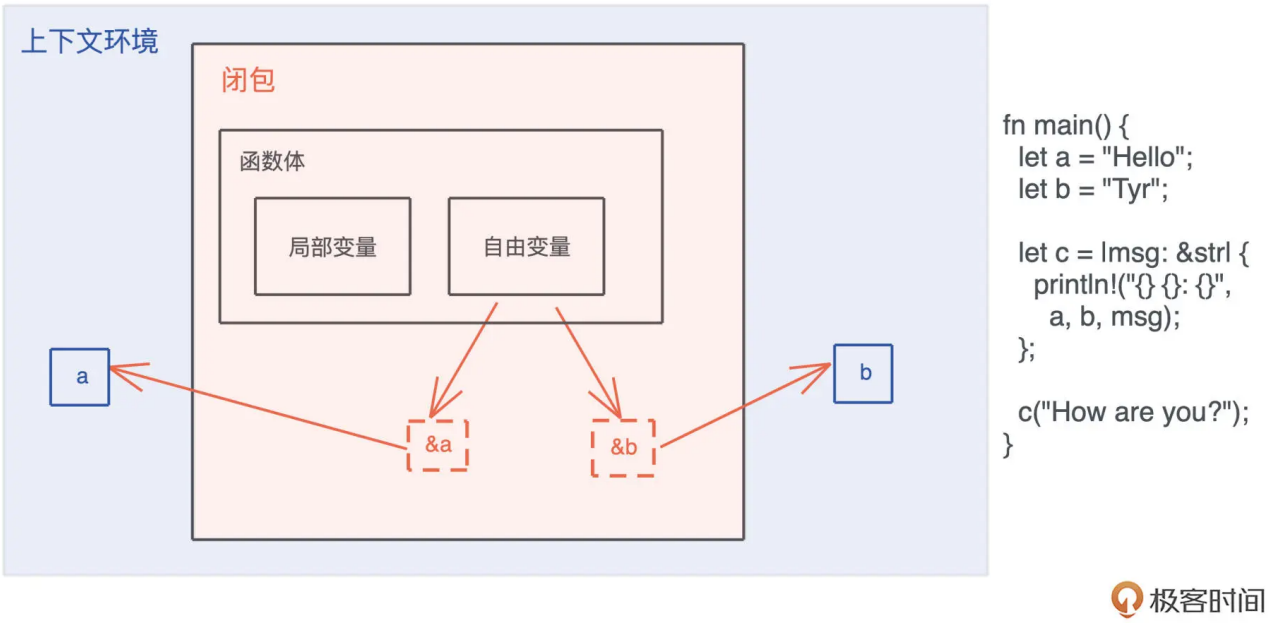
函数是编程语言的基本要素，它是对完成某个功能的一组相关语句和表达式的封装。**函数也是对代码中重复行为的抽象**。在现代编程语言中，函数往往是一等公民，这意味着函数可以作为参数传递，或者作为返回值返回，也可以作为复合类型中的一个组成部分。

在面向对象的编程语言中，在类或者对象中定义的函数，被称为方法（method）。方法往往和对象的指针发生关系，比如 Python 对象的 self 引用，或者 Java 对象的 this 引用。

而闭包是将函数，或者说代码和其环境一起存储的一种数据结构。**闭包引用的上下文中的自由变量，会被捕获到闭包的结构中，成为闭包类型的一部分**。

一般来说，如果一门编程语言，其函数是一等公民，那么它必然会支持闭包（closure），因为函数作为返回值往往需要返回一个闭包。

你可以看这张图辅助理解，图中展示了一个闭包对上下文环境的捕获。可以 在这里 运行这段代码：



接口和虚表

接口是一个软件系统开发的核心部分，它反映了系统的设计者对系统的抽象理解。**作为一个抽象层，接口将使用方和实现方隔离开来，使两者不直接有依赖关系，大大提高了复用性和扩展性。**

很多编程语言都有接口的概念，允许开发者面向接口设计，比如 Java 的 interface、Elixir 的 hebahivior、Swift 的 protocol 和 Rust 的 trait。

比如说，在 HTTP 中，Request/Response 的服务处理模型其实就是一个典型的接口，我们只需要按照服务接口定义出不同输入下，从 Request 到 Response 具体该如何映射，通过这个接口，系统就可以在合适的场景下，把符合要求的 Request 分派给我们的服务。

面向接口的设计是软件开发中的重要能力，而 Rust 尤其重视接口的能力。在后续讲到 Trait 的章节，我们会详细介绍如何用 Trait 来进行接口设计。

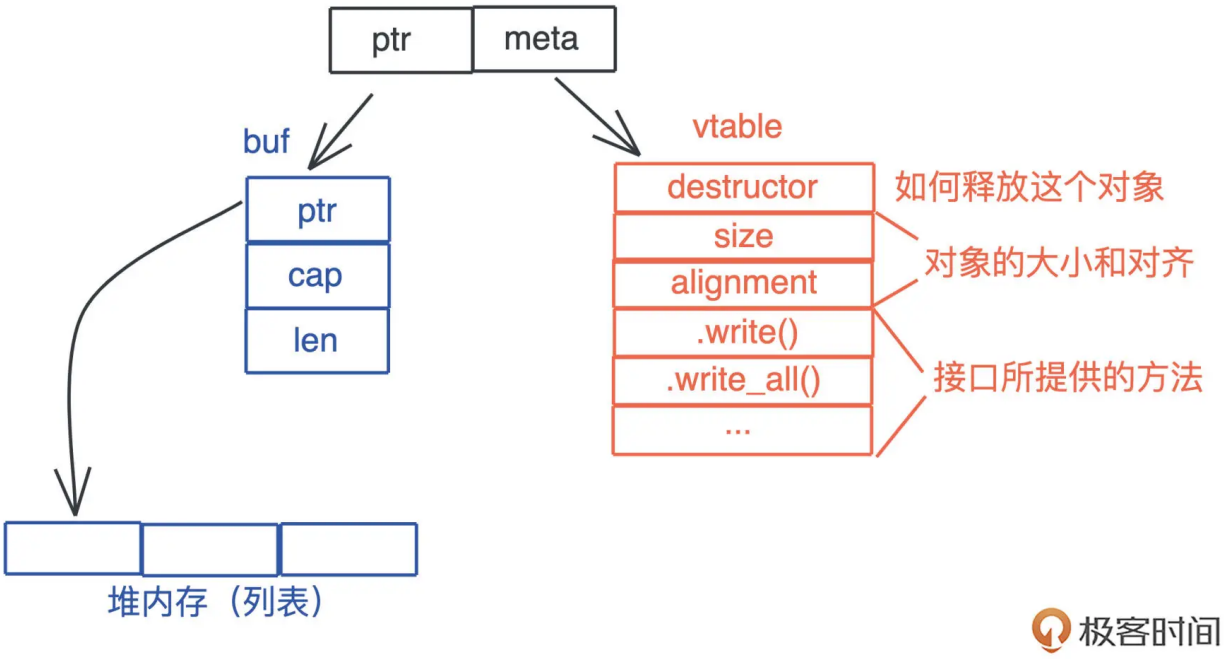
当我们在运行期使用接口来引用具体类型的时候，代码就具备了运行时多态的能力。但是，在运行时，一旦使用了关于接口的引用，变量原本的类型被抹去，我们无法单纯从一个指针分析出这个引用具备什么样的能力。

因此，**在生成这个引用的时候，我们需要构建胖指针，除了指向数据本身外，还需要指向一张涵盖了这个接口所支持方法的列表。**这个列表，就是我们熟知的虚表（virtual

table ）。

下图展示了一个 Vec 数据在运行期被抹去类型，生成一个指向 Write 接口引用的过程：

```
use std::io::Write;
let mut buf: Vec<u8> = vec![];
let writer: &mut Write = &mut buf;  // 构建一个带有虚表的 trait object
```



由于虚表记录了数据能够执行的接口，所以在运行期，我们想对一个接口有不同实现，可以根据上下文动态分派。

比如我想为一个编辑器的 Formatter 接口实现不同语言的格式化工具。我们可以在编辑器加载时，把所有支持的语言和其格式化工具放入一个哈希表中，哈希表的 key 为语言类型，value 为每种格式化工具 Formatter 接口的引用。这样，当用户在编辑器打开某个文件的时候，我们可以根据文件类型，找到对应 Formatter 的引用，来进行格式化操作。

运行方式

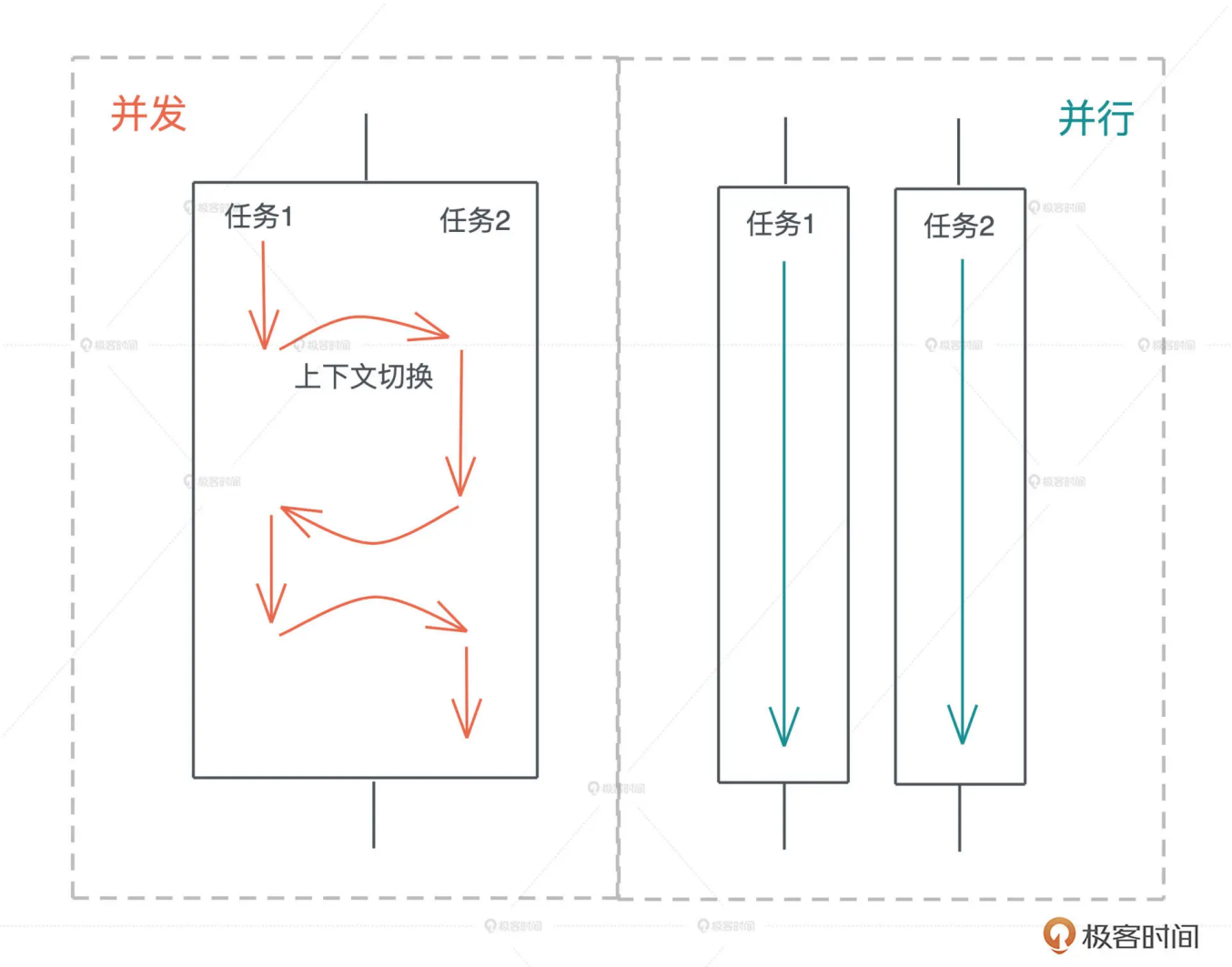
程序在加载后，**代码以何种方式运行，往往决定着程序的执行效率**。所以我们接下来讨论并发、并行、同步、异步以及异步中的几个重要概念 Promise/async/await。

并发（concurreny）与并行（parallel）

并发和并行是软件开发中经常遇到的概念。

并发是同时与多件事情打交道的能力，比如系统可以在任务 1 做到一定程度后，保存该任务的上下文，挂起并切换到任务 2，然后过段时间再切换回任务 1。

并行是同时处理多件事情的手段。也就是说，任务 1 和任务 2 可以在同一个时间片下工作，无需上下文切换。下图很好地阐释了二者的区别：



并发是一种能力，而并行是一种手段。当我们的系统拥有了并发的能力后，代码如果跑在多个 CPU core 上，就可以并行运行。所以我们平时都谈论高并发处理，而不会说高并行处理。

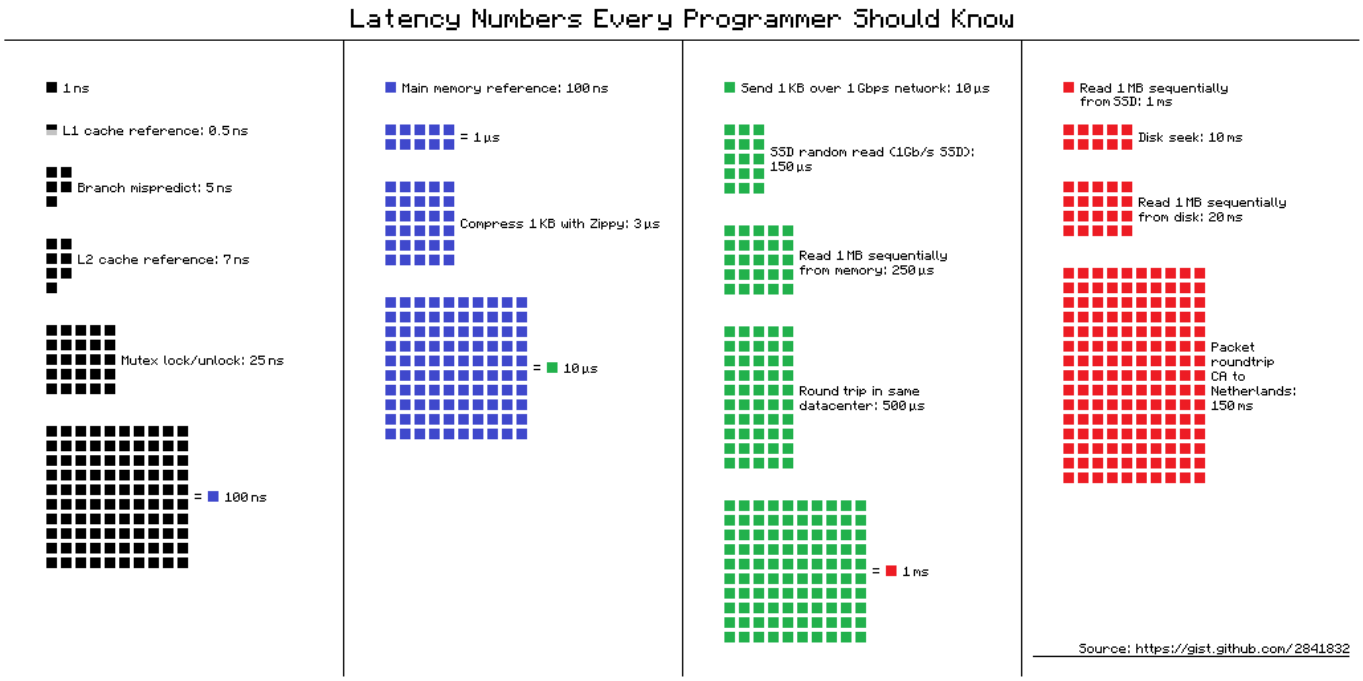
很多拥有高并发处理能力的编程语言，会在用户程序中嵌入一个 M:N 的调度器，把 M 个并发任务，合理地分配在 N 个 CPU core 上并行运行，让程序的吞吐量达到最大。

同步和异步

同步是指一个任务开始执行后，后续的操作会阻塞，直到这个任务结束。在软件中，我们大部分的代码都是同步操作，比如 CPU，只有流水线中的前一条指令执行完成，才会执行下一条指令。一个函数 A 先后调用函数 B 和 C，也会执行完 B 之后才执行 C。

同步执行保证了代码的因果关系（causality），是程序正确性的保证。

然而在遭遇 I/O 处理时，高效 CPU 指令和低效 I/O 之间的巨大鸿沟，成为了软件的性能杀手。下图对比了 CPU、内存、I/O 设备、和网络的延迟：



我们可以看到和内存访问相比，I/O 操作的访问速度低了两个数量级，一旦遇到 I/O 操作，CPU 就只能闲置来等待 I/O 设备运行完毕。因此，操作系统为应用程序提供了异步 I/O，让应用可以在当前 I/O 处理完毕之前，将 CPU 时间用作其它任务的处理。

所以，**异步是指一个任务开始执行后，与它没有因果关系的其它任务可以正常执行，不必等待前一个任务结束。**

在异步操作里，异步处理完成后的结果，一般用 Promise 来保存，它是一个对象，用来描述在未来的某个时刻才能获得的结果的值，一般存在三个状态；

1. 初始状态，Promise 还未运行；

2. 等待（pending）状态，Promise 已运行，但还未结束；

3. 结束状态， Promise 成功解析出一个值，或者执行失败。

如果你对 Promise 这个词不太熟悉，在很多支持异步的语言中，Promise 也叫 Future / Delay / Deferred 等。除了这个词以外，我们也经常看到 async/await 这对关键字。

一般而言，**async 定义了一个可以并发执行的任务，而 await 则触发这个任务并发执行**。大多数语言中，async/await 是一个语法糖（syntactic sugar），它使用状态机将 Promise 包装起来，让异步调用的使用感觉和同步调用非常类似，也让代码更容易阅读。

编程范式

为了在不断迭代时，更好地维护代码，我们还会**引入各种各样的编程范式，来提升代码的质量**。所以最后来谈谈泛型编程。

如果你来自于弱类型语言，如 C / Python / JavaScript，那泛型编程是你需要重点掌握的概念和技能。泛型编程包含两个层面，数据结构的泛型和使用泛型结构代码的泛型化。

数据结构的泛型

首先是数据结构的泛型，它也往往被称为参数化类型或者参数多态，比如下面这个数据结构：

复制代码

```
struct Connection<S> {
  io: S,
  state: State,
}
```

它有一个参数 S，其内部的域 io 的类型是 S，S 具体的类型只有在使用 Connection 的上下文中才得到绑定。

你可以把参数化数据结构理解成一个产生类型的函数，**在“调用”时，它接受若干个使用了具体类型的参数，返回携带这些类型的类型**。比如我们为 S 提供 TcpStream 这个类型，那么就产生 Connection这个类型，其中 io 的类型是 TcpStream。

这里你可能会疑惑，如果 S 可以是任意类型，那我们怎么知道 S 有什么行为？如果我们要调用 `io.send()` 发送数据，编译器怎么知道 S 包含这个方法？

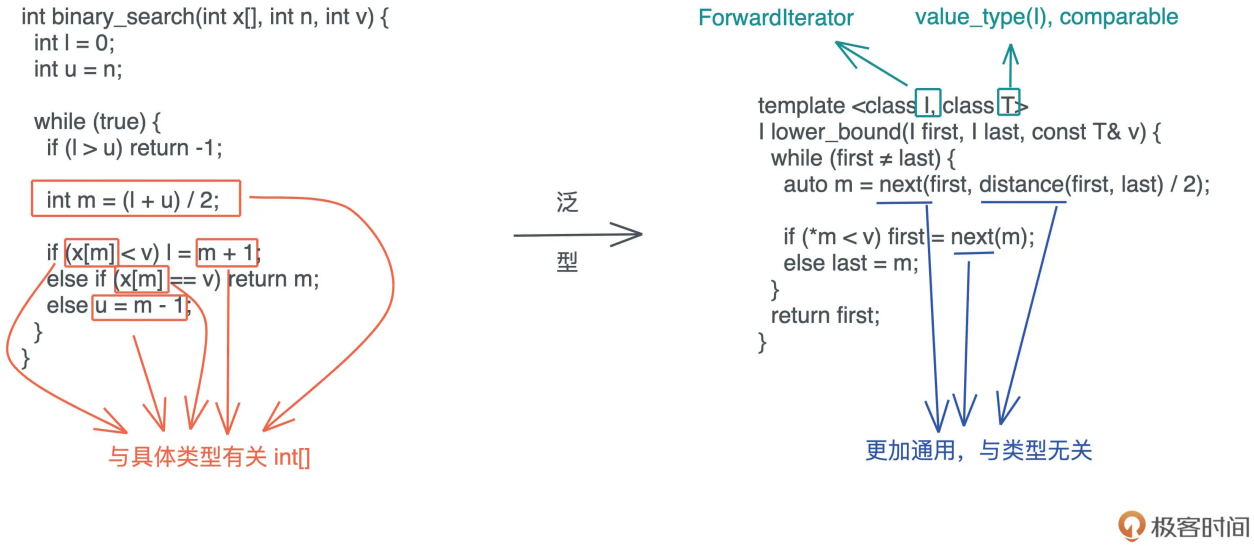
这是个好问题，**我们需要用接口对 S 进行约束**。所以我们经常看到，支持泛型编程的语言，会提供强大的接口编程能力，在后续的课程中在讲 Rust 的 trait 时，我会再详细探讨这个问题。

数据结构的泛型是一种高级抽象，就像我们人类用数字抽象具体事物的数量，又发明了代数来进一步抽象具体的数字一样。它带来的好处是我们可以延迟绑定，让数据结构的通用性更强，适用场合更广阔；也大大减少了代码的重复，提高了可维护性。

代码的泛型化

泛型编程的另一个层面是使用泛型结构后代码的泛型化。当我们使用泛型结构编写代码时，相关的代码也需要额外的抽象。

这里用我们熟悉的二分查找的例子解释会比较清楚：

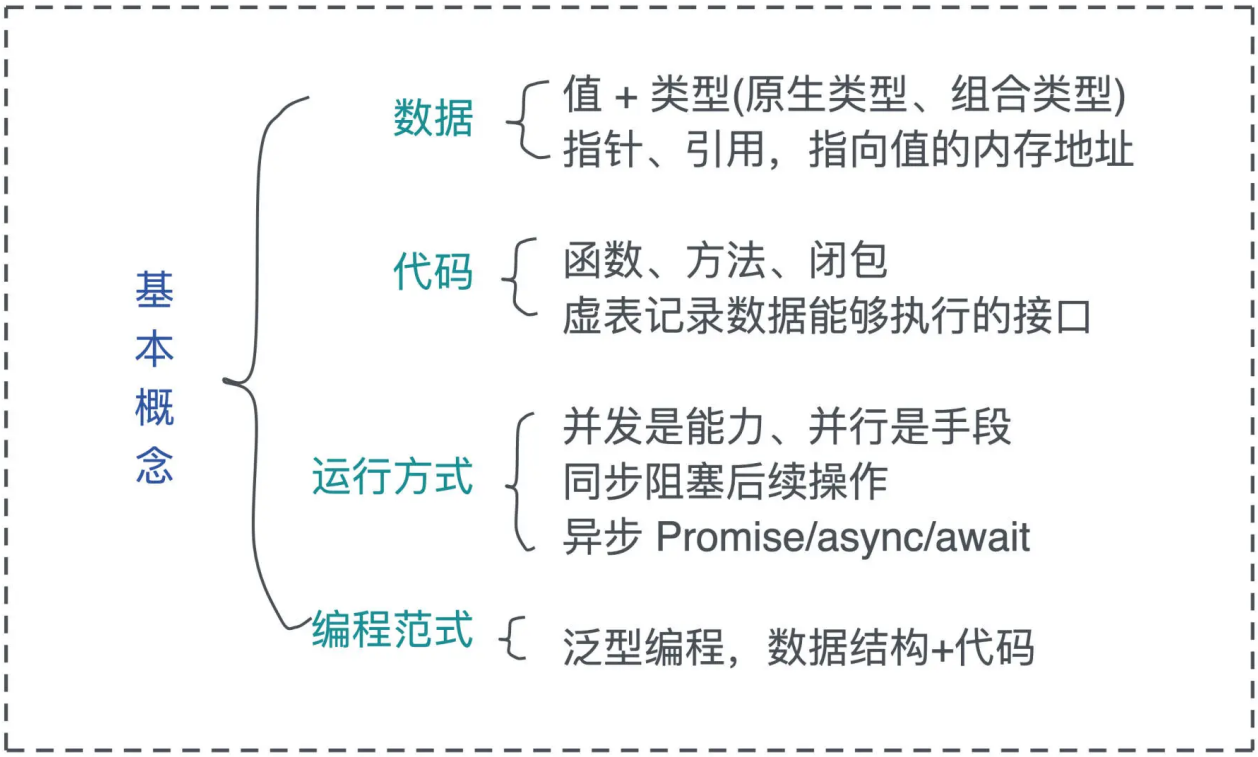


左边用 C 撰写的二分查找，标记的几处操作隐含着和 int[] 有关，所以如果对不同的数据类型做二分查找，实现也要跟着改变。右边 C++ 的实现，对这些地方做了抽象，让我们可以用同一套代码二分查找迭代器（iterator）的数据类型。

同样的，这样的代码可以在更广阔的场合使用，更简洁容易维护。

小结

今天我们讨论了四大类基础概念：数据、代码、运行方式和编程范式。



极客时间

值无法离开类型单独讨论，**类型**一般分为原生类型和组合类型。**指针和引用**都指向值的内存地址，只不过二者在解引用时的行为不一样。引用只能解引用到原来的数据类型，而指针没有这个限制，然而，不受约束的指针解引用，会带来内存安全方面的问题。

函数是代码中重复行为的抽象，**方法**是对象内部定义的函数，而**闭包**是一种特殊的函数，它会捕获函数体内使用到的上下文中的自由变量，作为闭包成员的一部分。

而**接口**将调用者和实现者隔离开，大大促进了代码的复用和扩展。面向接口编程可以让系统变得灵活，当使用接口去引用具体的类型时，我们就需要**虚表**来辅助运行时代码的执行。有了虚表，我们可以很方便地进行动态分派，它是运行时多态的基础。

在代码的运行方式中，**并发**是**并行**的基础，是同时与多个任务打交道的能力；并行是并发的体现，是同时处理多个任务的手段。**同步**阻塞后续操作，**异步**允许后续操作。被广泛用于异步操作的 Promise 代表未来某个时刻会得到的结果，async/await 是 Promise 的封装，一般用状态机来实现。

泛型编程通过参数化让数据结构像函数一样延迟绑定，提升其通用性，类型的参数可以用接口约束，使类型满足一定的行为，同时，在使用泛型结构时，我们的代码也需要更高的抽象度。

这些基础概念，这对于后续理解 Rust 的很多概念至关重要。如果你对某些概念还是有些模糊，务必留言，我们可以进一步讨论。

思考题

（现在我们还没有讲到 Rust 的具体语法，所以你可以用自己平时常用的语言来思考这几道题，巩固你对基本概念的理解）

1. 有一个指向某个函数的指针，如果将其解引用成一个列表，然后往列表中插入一个元素，请问会发生什么？（对比不同语言，看看这种操作是否允许，如果允许会发生什么）

2. 要构造一个数据结构 Shape，可以是 Rectangle、 Circle 或是 Triangle，这三种结构见如下代码。请问 Shape 类型该用什么数据结构实现？怎么实现？

复制代码

```
struct Rectangle {
    a: f64,
    b: f64,
}

struct Circle {
  r: f64,
}

struct Triangle {
  a: f64,
  b: f64,
  c: f64,
}
```

3. 对于上面的三种结构，如果我们要定义一个接口，可以计算周长和面积，怎么计算？

欢迎在留言区分享你的思考。今天是我们打卡学习的第二讲，如果你觉得有收获，也欢迎你点“请朋友读”，分享给你身边的朋友，邀他一起讨论。

订阅后，戳这里加入“Rust 语言入门交流群”，一起来学习 Rust。

参考资料

Latency numbers every programmer should know，对比了 CPU、内存、I/O 设备、和网络的延迟

分享给需要的人，Ta订阅后你可得 20 元现金奖励

赞 8 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 01 | 内存：值放堆上还是放栈上，这是一个问题

下一篇 加餐 | Rust真的值得我们花时间学习么？

精选留言 (23)

写留言

Geek_5b5ca4 置顶

2021-08-24

Python 是强类型动态语言

展开

作者回复: 这里我写的不太严谨。强类型和弱类型的定义一直不太明确，wikipedia 上也没有一个标准的说法。https://en.wikipedia.org/wiki/Strong_and_weak_typing。我一般是看类型在调用时是否会发生隐式转换，所以说 python 是弱类型。不过 wikipedia 在介绍 python 时确实说它是 strongly typed：https://en.wikipedia.org/wiki/Python_(programming_language)。

但如果按照类型是否会隐式转换，Rust 是强类型，Python 和 C 是弱类型：

```rust
fn main() {
    let a = 42u8;
    let b = 42.0f64;
```

```
    // 不会做隐式转换
    println!("a+b = {}", a+b);
}
```

Python 会做类型的隐式转换：

```python
def add_numbers(a, b):
    return a + b

if __name__ == '__main__':
    a = 42
    b = 42.0
    print(add_numbers(a,b))
```

C 也会：

```C
#include <stdio.h>

int add_numbers(int a, int b) {
    int result = a + b;
    return result;
}

int main() {
    char c = "42";
    int n = 42;

    // 为什么说 C 是 weakly typed
    int result = add_numbers(c, n);
    printf("%d\n", result);

    return 0;
}
```

无名氏 置顶

2021-08-23

虚表没有理解，虚表会存储在哪里

展开

作者回复: 虚表相当于在运行时生成的一个涵盖了一系列函数指针的数据结构。有时候对于不同类型但是满足相同接口的数据，我们希望可以抹去他们的原始类型，让它们有相同的接口类型，以便于统一处理，这样更加灵活，但此时需要为每个数据构造他们各自对接口实现的虚表，这样可以依旧调用到属于该类型的实现。

虚表一般存储在堆上。Rust 下也有虚表的栈实现：https://github.com/archshift/dynstack

1

Christian

2021-08-23

1. 函数放在代码段中，通常是只读的，往只读段写入数据会触发保护异常。

2. 使用 enum：
```rust
enum Shape {...
```
展开

作者回复: 正确！非常棒！

2 18

神山 | 雷神山

2021-08-24

1. 有一个指向某个函数的指针，如果将其解引用成一个列表，然后往列表中插入一个元素，请问会发生什么？
对于强类型语言（如：rust），无法解引用成一个列表，rust会提示类型不匹配错误。
对于弱类型语言(如：python, javascript)，解引用成一个列表后，可以正常插入元素。
```javascript...
```
展开

作者回复: 非常棒！

5

太子长琴
2021-08-24

第一个题意不是特别理解
后面的倾向于用 match，每个 struct 重复 impl 看着就觉得烦

```
pub enum ShapeEnum {
    Rectangle(f64, f64),...
```

展开

作者回复: 1 的题意可以看这个代码：

```C
#include "stdio.h"

void hello() {
    printf("Hello world!\n");
}

int main() {
    char buf[1024];
    void (* p)() = &hello;
    (*p)();
    int *p1 = (int *) p;
    p1[1] = 0xdeadbeef;
}
```

在 C 语言中，这种操作是允许的，但会造成内存访问越界，导致崩溃；在 Rust 中，编译器会拒绝这样的操作。

2/3 正确！

1 2

徐洲更
2021-08-24

这一篇是对编程语言的高度抽象呀，这一篇的知识完全可以应用到任何一门编程语言上。

作者回复: 嗯，前两篇都是每个程序员最好掌握的基础知识。

1

只吃无籽西瓜
2021-08-23

这一章的课后问题不会，希望有人能够解答。

展开

编辑回复: 嗯如果想过之后还是有点不太明白，可以先在留言区看看各位同学的思路，也可以直接问下老师具体是哪里不太明白。

另外，每一讲的思考题，会挑重点普遍的问题，把参考思路都整理到后续加餐中的～

2 1

Scott 酥
2021-08-23

我想问问B站油管视频里那个vscode直接在出错的那一行显示错误信息怎么弄的，我装了ra，但是出错信息还是显示在底部。

展开

作者回复: 对是 error lens。感谢 coer 的解答。https://marketplace.visualstudio.com/items?itemName=usernamehw.errorlens

1 1

return 酥
2021-08-23

老师， 请教一下，
强类型语言 和 弱类型语言的 定义是什么，区别是什么。

展开

作者回复: 可以看我之前的回复。强类型弱类型的定义并不算太明确，我接受的定义是类型是否会在使用过程中发生隐式转换，比如 char 如果和 int 相加被转换成 int，和 string 相加被转换成 string。这样的转换往往会超出开发者的预期，导致逻辑bug。Rust 甚至不允许 u8 + u32 这样的操作，而是需要你使用显式的类型转换统一类型后再处理，所以是强类型。

5 1

Fan 酥

2021-08-24

这是站在另外的角度看编程语言。

展开

作者回复: 嗯，我们先把一些基本概念扫一下，可以更好地学习后续的内容。

1

Xi

2021-08-24

一直用c,现在用go,想两者都要就用rust,泛型，闭包是弱项

1

Thyyyy

2021-08-24

1 在C里面可以这样搞，但是会在函数使用的时候挂掉； 2 在很多面向对象的语言里可以定义成有虚函数的基类，像其他同学那样定成enum也是个方法； 3. interface或者虚函数继承都可以；

作者回复: 1. 在访问列表，或者修改列表的时候会挂掉。

2/3 对！

Pure White

2021-08-23

作为 Rust 第一课，感觉课后习题难了点，很多都需要起码会 Rust 才行。
对于一个 Rust 基本语法知识都不会的同学，课后习题不可能做得出来。

编辑回复: 编辑代回答一下这条，用自己常用的语言来写作业就可以啦。

其实咱们这篇在梳理编程语言中要了解的一些基础知识，所以思考题重点只是为了巩固今天学到的基础概念，不需要用 Rust 来写噢～

等前置知识都铺垫好了，再到后面具体 Rust 的语法学习。

2021-08-23

1.引用的解引用访问是受限，只能解引用到它引用数据的类型，插入的元素无法确定是否能保证与源数据类型一致。
2.还没有接触到RUST的语法，感觉需要定义一个Shape的接口 、
3.在回答2的基础上，在Shape中加入计算周长和面积的接口并在相应的子类实现。
...
展开

作者回复: 对！2 也可以用 enum 来定义，可以看我之前的回答。

kimi
2021-08-23

1. C 语言是可以把一个函数指针解引用为一个列表的，往列表中插入一个元素会报错，这是因为函数是代码，在内存中通常会存放在只读区域，对这部分内存写会报错；
2. 定义一个 Shape 接口；
3. 在 Shape 接口中定义一个计算周长和面积的方案；
...
展开

作者回复: 正确！

你好梦梦
2021-08-23

我用简单c++代码描述一下老师这个问题，不知道是不是这个意思：
typedef void (*funptr)(int,int);
void funtest(int,int){}
funptr p = funtest;
int* parr = (int*)p; //转成数组指针...
展开

作者回复: 对。如果要覆盖的话，程序会崩溃，因为 TEXT 段不可泄，而且在这个过程中，可能会出现 aligment 错误。我也用 C 写了个例子：

```C
#include "stdio.h"
```

```
void hello() {
    printf("Hello world!\n");
}

int main() {
    char buf[1024];
    void (* p)() = &hello;
    (*p)();
    int *p1 = (int *) p;
    p1[1] = 0xdeadbeef;
}
```

1

王硕尧
2021-08-23

"比如 Python 对象的 self 应用，或者 Java 对象的 this 引用" 是 self 引用吧？

编辑回复: 感谢捉虫，已经修改过来了👍

小样
2021-08-23

不理解第一题的意思，“有一个指向某个函数的指针，如果将其解引用成一个列表”，函数指针解引用然后赋值给一个vector或者数组？这怎么编译的过去，还是说指针强制类型转换成列表指针，再解引用？

作者回复: 对，把指针指向的地址强制解引用成一个列表。在 C 里这是可行的，但访问时可能会造成 segment fault

Kerry
2021-08-23

课后思考题：

1. 没记错的话，程序的代码保存在只读的.text段，问题1里的操作很可能会造成coredum

p。为什么是“很可能”呢？因为对于这种与实现相关的东西，C++标准一般是不会做出明确的规定，而是统一称为未定义行为。...

展开

作者回复: 1/3 正确！2. 也可以用 enum 定义 Shape

1

Kerry

2021-08-23

二分查找配图右边的例子是C++写的吧？变量名好像有错，不应该是first和last吗？

作者回复: 对，是 C++ 的版本。你看的很仔细啊，我图里的 f/l 确实应该换成 first/last。